FICHE TOXICOLOGIQUE

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail
250 rue Main est
Hamilton Ontario Canada L8N 1H6

Silices non cristallines

N° 27
ISSN 0827-8849

PORTÉE DU DOCUMENT

Le présent document porte sur les dangers des silices non cristallines. On y décrit la toxicité de ces produits, en mettant l'accent sur la signification des renseignements pour le milieu de travail. Une attention particulière est donnée au risque principal que posent les silices non cristallines.

TABLE DES MATIÈRES

I. RISQUE PRINCIPAL 1

II. EXPOSITIONS EN MILIEU DE TRAVAIL 1

III. DANGERS POUR LA SANTÉ 2
- Élimination de l'organisme 2
- Effets d'une surexposition brève chez l'humain 2
- Effets d'une surexposition prolongée chez l'humain 2
- Données de toxicité : animaux et tests de laboratoire 3

IV. RISQUES RELIÉS À LA RÉACTIVITÉ CHIMIQUE 5

V. LIMITES D'EXPOSITION 5

VI. LIMITATION DE L'EXPOSITION 6

VII. ENTREPOSAGE ET MANUTENTION 7

VIII. PREMIERS SOINS 7

IX. NETTOYAGE ET ÉLIMINATION 7

X. RÉFÉRENCES 8

I. RISQUE PRINCIPAL

Le risque principal des silices non cristallines provient de la formation possible de tissus cicatriciels dans les poumons après plusieurs années d'exposition. On pense que la formation de cicatrices dans les poumons est due à la silice cristalline, présente sous forme de substance contaminante dans la silice non cristalline qu'on trouve dans la nature ou comme sous-produit dans la production de la silice non cristalline. Des études sur les humains suggèrent que tant que la teneur en silice est inférieure à 1 % environ, le risque posé par les silices non cristallines est faible. Cependant, selon de récentes expériences sur des animaux, on ne peut expliquer tous les effets toxiques des silices non cristallines uniquement par la présence de silice cristalline. Il faudra donc réduire au maximum toute exposition aux silices non cristallines jusqu'à ce qu'on en sache davantage sur ces effets.

II. EXPOSITIONS EN MILIEU DE TRAVAIL

La silice, qui se trouve dans la nature sous forme de quartz, est la roche minérale la plus répandue dans la croûte terrestre. Toutes les formes de silice sont formées d'unités renfermant un atome de silice lié à quatre atomes d'oxygène. Ces unités sont reliées entre elles pour former un réseau infini. Les unités des formes cristallines sont disposées de façon régulière, tandis que la disposition des unités des formes non cristallines ne présente aucune régularité, leur méritant l'appellation courante «silices amorphes» (sans forme)[1].

Dans la présente fiche on discute des risques des silices non cristallines. Les risques de la silice cristalline sont présentés dans une autre fiche[2].

Les silices non cristallines ou amorphes se trouvent dans la nature (terre à diatomées) ou sous forme de substances synthétiques.

La terre à diatomées (diatomite) est constituée de squelettes d'animaux marins préhistoriques. Elle constitue la forme la plus courante de la silice non cristalline ou amorphe. Au cours de certaines opérations industrielles, on chauffe la terre à diatomées pour former la terre à diatomées calcinée. Pendant ce procédé, une partie de la silice non cristalline est convertie en silice cristalline. Parfois on ajoute des substances chimiques alcalines (fondants) pendant le procédé de chauffe qui s'effectue pour produire de la terre à diatomées calcinée. Ce procédé de fluxage, effectué soit au moyen de produits chimiques et de chaleur, soit au moyen de chaleur seulement, transforme une certaine partie de la silice non cristalline en silice cristalline.

Les silices non cristallines synthétiques (fabriquées) comprennent le gel de silice, la silice précipitée, la silice sous forme de fumées et la silice fusionnée. On s'en sert largement dans l'industrie comme agents de séchage, épaississants, catalyseurs, produits de remplissage et enduits de surface[1]. Une autre forme de silice non cristalline est la fumée de silice ou fumée de silice condensée, un sous-produit de la production du silicium ou du ferrosilicium. La fumée de silice est utilisée comme additif dans le béton.

L'inhalation des silices non cristallines est la principale voie d'exposition en milieu de travail. Le contact avec la peau et avec les yeux ainsi que l'ingestion peuvent également se produire, mais n'entraînent que des effets bénins et temporaires comme l'irritation.

III. DANGERS POUR LA SANTÉ

Élimination de l'organisme

Lorsqu'il y a inhalation de silices non cristallines, une partie seulement des particules inhalées atteint les poumons ou y demeure. Les particules dont le diamètre dépasse 10 microns environ (un micron égale un millionnième de mètre) sont retenues par les muqueuses du nez et de la gorge, mais les particules d'un diamètre inférieur peuvent être entraînées plus loin. Certaines de ces particules sont retenues par les tous petits poils (appelés cils) recouverts de mucus qui tapissent les plus grandes voies respiratoires de la partie supérieure du système respiratoire. Au moyen d'un mouvement constant de va-et-vient, ces cils font remonter les particules déposées selon un mécanisme comparable à celui d'un escalier roulant. Une fois arrivées dans la gorge, les particules sont avalées ou crachées.

Certaines des particules de poussière restent en suspension dans les voies respiratoires, dépassant ces systèmes protecteurs pour être déposées dans les petits sacs (alvéoles) où l'oxygène est transféré dans le système sanguin. Dans les tissus qui entourent ces sacs, des cellules spécialisées appelées macrophages engloutissent les particules, essayant de les décomposer ou de les transporter jusqu'aux cils qui les feront sortir du système respiratoire. L'élimination des particules inhalées des poumons est un processus lent et certaines particules peuvent ne pas être éliminées du tout. Ce sont les particules non éliminées qui peuvent entraîner des effets sur la santé.

Effets d'une surexposition brève chez l'humain

Inhalation
L'exposition brève aux silices non cristallines peut irriter le nez et la gorge.

Contact avec les yeux
L'exposition des yeux peut entraîner l'irritation.

Effets d'un surexposition prolongée chez l'humain

Les effets d'une exposition prolongée semblent être fonction de l'origine, de la pureté et du traitement du produit[3-17].

Terre à diatomées : naturelle et calcinée
On trouve rarement des silices non cristallines pures. La terre à diatomées se trouvant dans la nature renferme habituellement une certaine quantité de silice cristalline; elle a donc une toxicité faible. On peut augmenter la teneur en silice cristalline de la terre à diatomées par le procédé de calcination.

On pense que c'est la présence de silice cristalline dans la terre à diatomées naturelle ou calcinée qui explique les cas de formation de tissus cicatriciels dans les poumons (fibrose) de travailleurs ou mineurs exposés à ces poussières pendant de nombreuses années[3,4].

Les radiographies de travailleurs dont on fait rapport dans plusieurs études européennes montrent des accumulations de poussières chez les travailleurs exposés à des concentrations élevées de terre à diatomées naturelle pendant de nombreuses années; cependant, ces travailleurs ne souffraient pas, ou presque pas, d'une détérioration des fonctions pulmonaires[5].

Une importante étude américaine de travailleurs de mines et d'usines de diatomite, exposés pendant 25 années ou plus à la poussière, a abouti à des conclusions semblables[6,7,8]. Les travailleurs miniers ne présentaient aucun signe de tissus pulmonaires cicatriciels (fibrose); mais chez les travailleurs d'usines de diatomite, on a signalé de nombreux cas de fibrose pulmonaire grave étant donné l'exposition de ces travailleurs à de hauts niveaux de silice cristalline par suite du procédé de calcination.

Ces études comportent une lacune majeure : on n'a mesuré ni la concentration de poussière dans les zones de travail ni la quantité de silice cristalline présente dans la poussière. Pourtant, elles semblent corroborer la conclusion selon laquelle la terre à diatomées serait peu nocive, les tissus cicatriciels des poumons provenant de la présence de silice cristalline.

Silices synthétiques non cristallines ou amorphes

Bien qu'on produise plusieurs sortes de silices synthétiques amorphes, on a étudié les effets nocifs de quelques-unes seulement.

Dans une étude, les radiographies et épreuves fonctionnelles pulmonaires étaient normales chez les travailleurs ayant été exposés pendant huit années et moins à la silice amorphe précipitée[9]. Il n'y avait presque pas d'effets nocifs par suite d'une exposition prolongée à la silice sous forme de fumées[10].

Un rapport fait état de tissus cicatriciels du poumon chez des travailleurs exposés par intermittence pendant 11 à 18 années à la poussière de silice amorphe, sous-produit de la production du silicium métallique[11]. Au cours de ce procédé, on fait vaporiser la silice cristalline (le quartz) en la chauffant au-dessus de son point d'ébullition. La silice ainsi produite était principalement non cristalline, mais une certaine quantité de la forme cristalline était aussi présente et peut avoir causé la formation de tissus cicatriciels dans le poumon.

Données de toxicité : animaux et tests de laboratoire

Les expériences effectuées sur des animaux et les tests de laboratoire peuvent favoriser la compréhension et la prédiction d'effets toxiques lorsqu'on dispose de peu de renseignements au sujet des effets sur les humains. Cependant, il a toujours été difficile d'appliquer les conclusions de recherches animales aux êtres humains. Les expériences les plus utiles sont celles où les animaux sont exposés de la même façon que les humains. Dans le cas présent, les expériences les plus significatives seraient celles où les animaux inhalent

différentes sortes de silices non cristallines à diverses concentrations pour des périodes différentes. Cependant, en raison de la grande quantité d'animaux nécessaires, ces expériences sont coûteuses et prennent beaucoup de temps.

Les expériences où l'animal reçoit des échantillons de poussière par injection ou implantation directe dans le poumon sont d'interprétation plus difficile, car on contourne ainsi les mécanismes naturels de défense du système respiratoire; il s'agit aussi d'une exposition à une dose unique.

Terre à diatomées : naturelle ou calcinée
Lors d'une expérience sur des rats et des cobayes, l'inhalation de terre à diatomées naturelle sans teneur décelable en silice cristalline n'a entraîné aucune formation de tissus cicatriciels dans les poumons[12]. Dans une autre expérience d'inhalation, des chiens, des cobayes et des rats ont été exposés à différentes concentrations de terre à diatomées calcinée en présence d'un fondant et renfermant environ 60 % de silice cristalline. Exposés quotidiennement pendant des périodes allant jusqu'à deux années et demie, ces animaux n'ont subi aucune formation de tissus cicatriciels dans les poumons[13].

Dans une autre étude de nature différente, on a injecté des échantillons de silice non cristalline dans les poumons de rats. Les effets de la terre à diatomées non traitée ont été comparés avec les effets de la forme traitée[14]. On a calciné la terre à diatomées en la chauffant à 800 °C pendant 24 heures. La terre à diatomées chauffée a entraîné plus de tissus cicatriciels que la forme non traitée, même si ni l'une ni l'autre des deux formes ne renfermait des quantités décelables de silice cristalline. Selon ce résultat, le procédé de chauffage aurait changé la silice non cristalline d'une façon quelconque, rendant la forme chauffée ou calcinée plus nocive que la forme naturelle non traitée.

Silice précipitée ou gel de silice
Lors d'une étude, on n'a signalé aucun tissu cicatriciel pulmonaire chez des rats, des cobayes et des lapins exposés à de la silice amorphe précipitée pendant des périodes allant jusqu'à deux années, à des concentrations supérieures à 120 mg/m^3[15].

Silice sous forme de fumées
L'exposition par inhalation à de la silice sous forme de fumées a entraîné une réaction des tissus chez des rats, des cobayes et des lapins, sans formation de tissus cicatriciels dans les poumons[15]. Cependant, lorsqu'on a chauffé le produit à 800 °C pendant huit heures, il a entraîné une cicatrisation grave. La matière chauffée ne renfermait aucune silice cristalline. Tout comme les études sur la terre à diatomées, cette étude suggère que le procédé de chauffage aurait transformé la silice fumée en matière plus toxique, mais non en silice cristalline.

Silice fusionnée
Dans une étude, on a injecté des poussières de silice fusionnée et de silices cristallines (quartz, cristobalite et tridymite) dans le système respiratoire de rats pour comparer la toxicité de ces matières[16]. La silice fusionnée a entraîné la fibrose, mais une forme moins grave que celle causée par les silices cristallines.

Autres tests de laboratoire
Une récente série d'expériences au moyen de cellules macrophages de souris a soulevé davantage de questions concernant l'action des silices non cristallines dans les poumons[17]. En effet, on pense que les poussières qui endommagent ou tuent les macrophages peuvent causer des tissus cicatriciels dans les poumons d'animaux et d'humains. Des échantillons de différentes sortes de terre à diatomées naturelle et calcinée ont effectivement tué les macrophages de souris. On s'attendait à ce que la terre à diatomées calcinée, qui renferme une petite quantité de silice cristalline, soit plus toxique que la forme naturelle. Or, ce n'était pas le cas : c'est la terre à diatomées naturelle qui s'est avérée plus toxique.

Selon ces expériences au moyen de macrophages, la teneur en silice cristalline n'est probablement pas le seul facteur qui détermine si les silices non cristallines causeront ou non la formation de tissus cicatriciels dans les poumons.

IV. RISQUES RELIÉS À LA RÉACTIVITÉ CHIMIQUE

Les silices non cristallines sont normalement inertes. Cependant, les agents oxydants particulièrement forts pourraient réagir avec les silices non cristallines pour causer un incendie. Ces produits comprennent le fluor, le difluorure d'oxygène et le trifluorure de chlore[4].

V. LIMITES D'EXPOSITION

Dans de nombreuses régions administratives canadiennes, les limites d'exposition sont semblables aux SAE de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

Les limites d'exposition recommandées par l'ACGIH reflètent la toxicité faible des silices non cristallines et la conclusion selon laquelle tout effet sur la santé serait dû à la présence de silice cristalline. On a établi la même limite d'exposition pour la terre à diatomées renfermant moins de 1 % de quartz que pour les poussières nuisibles. L'ACGIH recommande qu'on applique à la terre à diatomées calcinée ou à la terre à diatomées renfermant plus de 1 % de silice cristalline, les limites d'exposition applicables pour la silice cristalline (quartz).

Les SAE en vigueur[18] pour les silices non cristallines pour l'année 1986-1987 sont :

Terre à diatomées (non calcinée) renfermant moins de 1 % de quartz	10 mg/m^3 de poussière totale
Silice précipitée renfermant moins de 1 % de quartz	10 mg/m^3 de poussière totale

Gel de silice renfermant moins de 1 % de quartz	10 mg/m^3 de poussière totale
Silice fusionnée	0,1 mg/m^3 de poussière respirable

Pour la terre à diatomées calcinée, utiliser les limites d'exposition s'appliquant aux silices cristallines individuelles (quartz, cristobalite ou tridymite).

Pour plus de renseignements au sujet des silices cristallines, consulter la fiche toxicologique n° 26 du CCHST[2].

Communiquer avec l'autorité appropriée pour connaître les règlements précis s'appliquant à votre région administrative. Consulter la documentation de l'ACGIH au sujet des limites d'exposition recommandées[3].

VI. LIMITATION DE L'EXPOSITION

Mesures d'ingénierie
Les mesures d'ingénierie représentent la méthode préférée pour réduire les expositions dangereuses. Ces mesures comprennent la ventilation mécanique (évacuation locale des émanations), le confinement du procédé ou du personnel, la surveillance du fonctionnement et la modification du procédé[4]. Il peut également être nécessaire de recourir aux contrôles administratifs et à l'équipement de protection individuelle.

Consulter la publication de l'ACGIH intitulée "Industrial Ventilation : A Manual of Recommended Practice"[19] au sujet des systèmes de ventilation conçus spécialement pour réduire l'exposition aux silices non cristallines au cours de certains procédés industriels.

Protection des voies respiratoires
Si les mesures d'ingénierie et les méthodes de travail ne suffisent pas à réduire l'exposition à cette substance, porter de l'équipement de protection individuelle approprié[20].

Si on doit porter des appareils respiratoires, mettre en oeuvre un programme complet de protection des voies respiratoires comprenant : choix de l'appareil, ajustement, formation, entretien, inspection, nettoyage et évaluation. Consulter la norme de l'ACNOR Z94.4-M1982, «Choix, entretien et utilisation des appareils respiratoires»[21].

Lignes de conduite pour la protection des voies respiratoires
Les régions administratives ayant établi des règlements précis concernant les silices non cristallines peuvent également avoir des exigences particulières en matière de protection des voies respiratoires. Ces exigences sont fonction de la concentration de silice cristalline présente et couvrent une gamme d'appareils, allant des appareils respiratoires jetables à usage unique aux appareils respiratoires à adduction d'air.

Comme les exigences peuvent varier d'une région à l'autre, obtenir des renseignements particuliers de l'organisme gouvernemental approprié dans chaque région.

Dans tous les cas, on ne devrait utiliser que le matériel approuvé par le NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) ou la MSHA (Mining Safety and Health Administration).

Protection des yeux et du visage
Porter des lunettes de sécurité protégeant contre la poussière.

VII. ENTREPOSAGE ET MANUTENTION

Conditions d'entreposage
En autant que possible, entreposer les silices non cristallines dans des contenants hermétiquement fermés ou dans un endroit clos.

Manutention
Manipuler les silices non cristallines de façon à réduire au maximum la formation de poussière (par ex. en se servant de procédés par voie humide ou de systèmes de manipulation fermés). Utiliser le strict minimum dans des endroits adéquatement aérés affectés à cette fin. Entreposer dans un contenant étiqueté et approprié. Fermer celui-ci hermétiquement lorsqu'il ne sert pas et éviter de l'abîmer.

VIII. PREMIERS SOINS

Contact avec les yeux
En cas d'irritation, laver immédiatement l'oeil contaminé au moyen d'un courant modéré d'eau tiède pendant au moins 10 minutes, en écartant la paupière. Si l'irritation persiste, obtenir des soins médicaux.

IX. NETTOYAGE ET ÉLIMINATION

Nettoyage
Ne jamais balayer la silice non cristalline sèche. Si possible, la vaporiser d'eau pour l'humecter afin de réduire la formation de poussière.

Élimination
Revoir les exigences des gouvernements fédéral, provincial et local avant de procéder à l'élimination. Il peut être acceptable d'éliminer le produit dans un décharge sûre.

X. RÉFÉRENCES

(1) Information profiles on potential occupational hazards. Vol. II; chemical classes amorphous silicas. Syracuse, N.Y. : National Technical Information Service, Dec. 1979

(2) Silices cristallines : fiche toxicologique n° 26. Hamilton, Ont. : CCHST, 1987

(3) Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. 5th ed. Cincinnati : American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1986

(4) Occupational health guideline for amorphous silica. In: Mackison, F.W.; Stricoff, R.S.; Partridge, L.J., eds. Occupational health guidelines for chemical hazards. Washington : National Institute for Occupational Safety and Health, 1981

(5) Ahlmark, A.; Bruce, T.; Nystrom, A. Silicosis and other pneumoconioses in Sweden. Stockholm : Svenska Bokforlagt, 1960

(6) Cooper, W.C.; Sargent, E.N. A 26-year radiographic follow-up of workers in a diatomite mine and mill. Journal of Occupational Medicine. Vol. 26, no. 6 (June 1984). p. 456-460

(7) Cooper, W.C.; Jacobson, G. A 21-year radiographic follow-up of workers in the diatomite industry. Journal of Occupational Medicine. Vol. 19, no. 8 (Aug. 1977). p. 563-566

(8) Cooper, W.C.; Cralley, L.J. Pneumoconiosis in diatomite mining and processing (Public Health Service Publication; no. 601). Washington : Government Printing Office, 1958

(9) Wilson, R.K.; Stevens, P.M.; Lovejoy, H.B. *et al.* Effects of chronic amorphous silica exposure on sequential pulmonary function. Journal of Occupational Medicine. Vol. 21, no. 6 (June 1979). p. 399-402

(10) Volk, H. The health of workers in a plant making highly dispersed silica. Archives of Environmental Health. Vol. 1 (Jan. 1960). p. 125-128

(11) Vitums, V.C. *et al.* Pulmonary fibrosis from amorphous silica dust, a product of silica vapour. Archives of Environmental Health. Vol. 32 (Mar./Apr. 1977). p. 62-68

(12) Tebbens, B.D.; Beard, R.R. Experiments on diatomaceous earth pneumoconiosis. Archives of Industrial Health. Vol. 16 (1957). p. 55-63

(13) Wagner, W.D.; Fraser, D.A.; Wright, P.G.; Dobrogorski, O.J.; Stokinger, H.E. Experimental evaluation of the threshold limit of cristobalite – calcined diatomaceous earth. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 29 (1968). p. 211-221

(14) Swensson, A. Tissue reaction to different types of amorphous silica. In: Davies, C.N., ed. Inhaled particles and vapours. Vol. 2. Oxford : Pergamon Press, 1967. p. 95-102

(15) Schepers, G.W.H.; Durkan, T.M.; Delahant, A.B. Credon, F.T.; Redlin, A.J. The biological action of degussa submicron amorphous silica dusts (Dow Corning silica). Archives of Industrial Health. Vol. 16 (1957). p. 125-146

(16) King, E.J.; Mohanty, G.P.; Harrison, C.V.; Nagelschmidt, G. The action of different forms of pure silica on the lungs of rats. British Journal of Industrial Medicine. Vol. 10 (1953). p. 9-17

(17) Bye, E.; Davies, R.; Griffiths, D.M.; Gylseth, B.; Moncrieff, C.B. In vitro cytotoxicity and quantitative silica analysis of diatomaceous earth products. British Journal of Industrial Medicine. Vol. 41 (1984). p. 228-234

(18) TLVs^{R}. Threshold limit values and biological exposure indices for 1986-1987. Cincinnati : American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1986

(19) Industrial ventilation : a manual of recommended practice. 19th ed. Cincinnati : American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1986

(20) NIOSH pocket guide to chemical hazards. Cincinnati : National Institute for Occupational Safety and Health, 1985

(21) Choix, entretien et utilisation des appareils respiratoires : hygiène et sécurité au travail (Z94.4-M1982). Rexdale, Ont. : Association canadienne de normalisation, 1982

Note : Pour obtenir des références supplémentaires à ce sujet, s'adresser au CCHST.

REMARQUE

Chaque document produit par le Centre est soumis à une série de révisions. Dans le cadre de ce processus de révision, on demande à des représentants des gouvernements, des employeurs et des travailleurs d'examiner les versions préliminaires des documents du CCHST et de juger de leur lisibilité et de leur exactitude sur le plan technique.

Le Centre s'efforce de s'assurer que l'information qu'il distribue est exacte et exhaustive. Cependant, il est entendu qu'il ne se porte pas garant que ladite information est exacte et exhaustive et il ne sera tenu responsable d'aucun dommage ni d'aucune perte subis par suite de l'utilisation d'une information inexacte ou incomplète.

La présente fiche a été préparée par le personnel du Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST) et s'adresse surtout, comme source de renseignements, aux personnes qui, par leur travail, risquent d'être exposées au produit. L'information recueillie est, croit-on, fiable et concerne généralement les questions d'hygiène au travail. Il est aussi possible de se procurer d'autres renseignements portant sur des situations particulières. Les données scientifiques sont souvent limitées et peuvent être interprétées de diverses façons. Il nous fera plaisir de recevoir d'autres renseignements, corrections, commentaires et questions. Il suffit de les adresser au Service des demandes de renseignements, CCHST, 250 rue Main est, Hamilton (Ontario), L8N 1H6, tél. : (416) 572-2981.

Le présent document a été mis à jour pour la dernière fois le 8 août 1987.

N° de catalogue CC273-4/87-7F
ISBN 0-660-92197-9
CCHST C87-7F